

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-168428

(43)Date of publication of application : 22.06.1999

(51)Int.Cl.

H04B 7/28

H04L 12/24

H04L 12/26

(21)Application number : 09-336198

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 05.12.1997

(72)Inventor : ARAKI MANABU

(54) RADIO CHANNEL MONITORING METHOD USING PREDICTION CONTROL THEORY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To execute a more efficient restriction by constructing a series of systems where the dynamic model of a monitoring system is calculated by means of an evaluating test, future channel usage conditions are predicted from a present time through the use of the model and the channel restricting quantity of the present time is decided.

SOLUTION: A series of systems for predicting the future channel usage conditions from the present time through the use of the dynamic model of the monitoring system which is calculated by the evaluating test and deciding the channel restricting quantity of the present time are constructed based on predicted control theory. The dynamic model here is expressed by a formula $Y_M = Y + HFu + HOu_0$. In the formula, Y expresses a future channel usage quantity ($P \times 1$ matrix) predicted by the model, Y is the line usage quantity ($P \times 1$ matrix) of the present time, HF and HO are parameters ($P \times 1$ M-matrix) to be decided by the evaluating test, u is the line usage quantity ($M \times 1$ matrix) from the present time till a unit time destination, u_0 is the channel usage quantity ($M \times 1$ matrix) from the past to the present and P and M are positive integers.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.08.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-168428

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

K

H 0 4 L 12/24

H 0 4 L 11/08

12/26

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-336198

(22) 出願日

平成9年(1997)12月5日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 荒木 学

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 熊谷 雄太郎

(54) 【発明の名称】 予測制御理論を用いた無線回線監視方法

(57) 【要約】

【課題】 移動通信は、文字通り“移動しながら通信できる”という利点がある反面、一般の電話と違い、決まった交換機を経由しないために、限られた無線回線（チャンネル）をいかに有効に使うかが大きな課題である。

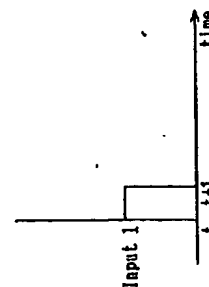
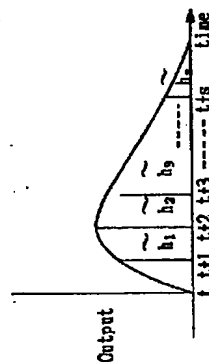
【解決手段】 評価試験により、監視システムの動的モデルを算出し、そのモデルを用いて現時刻より未来の回線利用状況を予測し、現時刻の回線規制量を決定する。この一連のシステムを予測制御理論に基づいて構築する。評価試験により算出される動的モデルを下式のように表現する。

$$Y_k = Y + H_f u_o + H_o u.$$

予測制御理論により、現時刻より単位時間先までに許容される回線利用量は、

$$u_o = (H_f^T H_f)^{-1} H_f^T (Y_k - Y - H_o u.)$$

と決定することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 評価試験により、監視システムの動的モデルを算出し、そのモデルを用いて現時刻より未来の回線利用状況を予測し、現時刻の回線規制量を決定し、この一連のシステムを予測制御理論に基づいて構築することを特徴とした予測制御理論を用いた無線回線監視方法。

【請求項2】 前記評価試験により算出される監視システムの前記動的モデルは、下式によって表現されることを更に特徴とする請求項1に記載の予測制御理論を用いた無線回線監視方法。

$$Y_k = Y + H_r u_k + H_u u_k$$

Y_k : モデルにより予測される未来の回線利用量 ($P \times 1$ 行列)

Y : 現時刻の回線利用量 ($P \times 1$ 行列)

H_r, H_u : 評価試験により決定されるパラメータ ($P \times M$ 行列)

u_k : 現時刻より単位時間先までの回線利用量 ($M \times 1$ 行列)

u_k : 過去から現在までの回線利用量 ($M \times 1$ 行列)

P, M : 正の整数

【請求項3】 前記予測制御理論により現時刻より単位時間先まで許容される回線利用量は、下式によって決定されることを更に特徴とする請求項1または2のいずれか一項に記載の予測制御理論を用いた無線回線監視方法。

$$u_k = (H_r^T H_r)^{-1} H_r^T (Y_k - Y - H_u u_k)$$

Y_k : 回線限界量

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、無線回線監視方法に関し、特に、予測制御理論に基づく回線規制方法の設計に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の規制制御方法は、現時刻の回線利用状況において、閾値を越えた場合にのみ規制をかけるといった方法が採られているが、未来の回線状況を予測して予め規制をかけるという手段は考慮されていなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 第1の問題点は、従来の規制制御は、現時刻の回線状況を見て、閾値を越えた場合にのみ、規制をかけるといったON/OFF制御の方式をとっているために、効率的な規制がかけられない。

【0004】 その理由は、閾値を越える、越えないをトリガとするON/OFF制御方式を採っているためである。

【0005】 第2の問題点は、規制制御を行う上で、制御対象のダイナミクスを全く考慮に入っていないことで

ある。

【0006】 その理由は、制御対象のモデリングを行っていないために、制御対象のダイナミクスが測れない、また、制御対象のモデリングを必要としない制御方式 (ON/OFF制御方式) を採っているためである。

【0007】 従来の規制制御方式は、閾値を越える、越えないを指標とした、いわゆる、ON/OFF制御であるために、効率的な規制が望めない。また、ON/OFF制御方式をとっているために、制御対象のモデリングが必要でなく、制御対象のダイナミクスが全く考慮に入られていない。

【0008】 そこで、本発明は従来の上記実情に鑑み、従来の技術に内在する上記欠点を解消する為になされたものであり、従って本発明の目的は、規制制御対象のダイナミクスを考慮し、また過去および現在の回線利用情報を利用することにより、より効率的な規制を行う制御方式を構築することを可能とした新規な無線回線監視方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成する為、本発明に係る予測制御理論を用いた無線回線監視方法は、大嶋正裕、橋本伊織著、先端制御技術動向調査報告「モデル予測制御チュートリアル資料」(平成2年12月21日発行)に記載されたモデル予測制御技術を利用し、評価試験(または、過去の回線利用状況データ)により【式1】に示される動的モデルを算出する。

【0010】 【式1】

$$Y_k = Y + H_r u_k + H_u u_k$$

Y_k : モデルにより予測される未来の回線利用量 ($P \times 1$ 行列)

Y : 現時刻の回線利用量 ($P \times 1$ 行列)

H_r, H_u : 評価試験により決定されるパラメータ ($P \times M$ 行列)

u_k : 現時刻より単位時間先までの回線利用量 ($M \times 1$ 行列)

u_k : 過去から現在までの回線利用量 ($M \times 1$ 行列)

P, M : 正の整数

そして、予測制御理論を用いることにより現時刻から、単位時間先までに許容される回線利用量 u_k は、【式2】で表現されるために、常に回線利用量 u_k を満たすように規制をかけていけばよいことが分かる。

【0011】 【式2】

$$u_k = (H_r^T H_r)^{-1} H_r^T (Y_k - Y - H_u u_k)$$

Y_k : 回線限界量

【作用】 評価試験(または、過去の回線利用状況データ)により、規制制御対象の動的モデルを求めているために、ダイナミクスに合わせた規制をかけることができる。

【0012】 また、予測制御理論を用いることにより、従来のON/OFF制御にない効率的な規制がかけられ

る。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明による一実施の形態について詳細に説明する。

【0014】(1) 動的モデルの算出

まず、インパルス応答モデルを用いて、動的モデルを求める。ここで、インパルス応答とは、パルス状入力に対する出力応答のことを言う。移动通信システムにおいては、単位時間、発呼を行うことを意味する。

【0015】図1はインパルス応答(1)を示す波形図である。

【0016】～

図1を参照するに、 h_i は、図1のようなパルス状入力をシステムに加えた時の応答系列(単位時間、発呼を行った時のトラヒック)とする。

$$y_m(t+j) = \sum_{k=1}^{\infty} \tilde{h}_k u(t+j-k) \quad (\tilde{h}_i = 0 \text{ for } i < 0)$$

【0022】さて、現時刻を t と考え、過去の入力と現時刻以降の未来の入力とを分けて、【式4】を表現し直

$$y_m(t+j) = \sum_{i=1}^j \tilde{h}_i u(t+j-i) + \sum_{i=j+1}^{\infty} \tilde{h}_i u(t+j-i)$$

【0024】と表わせる。

【0025】現時刻 t までにシステムには、入力として $[u(t-1), u(t-2), \dots]$ が加えられ、さらに現時刻から M ステップ未来に亘って $[u(t), u(t+1), \dots, u(t+M-1)]$ の入力系列がプロセ

$$y_m(t+j) = \sum_{k=1}^{j-M+1} \tilde{h}_k u(t+M-1) + \tilde{h}_{j-M+2} u(t+M-2) + \dots + \tilde{h}_{j-1} u(t+1) + \tilde{h}_j u(t) \leftarrow \text{未来}$$

$$+ \tilde{h}_{j+1} u(t-1) + \tilde{h}_{j+2} u(t-2) + \dots + \tilde{h}_s u(t-s+j) \rightarrow \text{過去}$$

【0027】となる。

【0028】時刻 $t+L$ から P ステップに亘る出力の値 $\{y_m(t+L), y_m(t+L+1), \dots, y_m(t+L+P-1)\}$ は、それぞれ【式5】、【式6】をも

【0017】すると、時刻 t で大きさ $u(t)$ のパルス ($u(t)$ [erl] に当たる発呼を行う) をシステムに加えた時に、時刻 $t+j$ の出力の大きさ(トラヒック)は【式3】のように表現することができる。

【0018】【式3】

$$Y_m(t+j) = h_j u(t)$$

このことを拡張して、図2に示すような無限大の過去から $t+j-1$ まで発呼が行われた時の時刻 $t+j$ におけるトラヒックは、重ね合わせの原理により【式4】のように表現することができる。

【0019】図2はインパルス応答(2)を示す波形図である。

【0020】【式4】

【0021】

すと、【式5】

【0023】

スに加えられるとする。但し、その際、時刻 $t+M$ から以降は入力値を変更しない。即ち、 $u(t+M+k) = u(t+M-1)$ for all $k \geq 0$ この時、時刻 $t+j$ の出力は、【式6】

【0026】

とに【式7】のように有限個の入力値を用いて表現することができる。

【0029】【式7】

【0030】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} y_M(t+L) \\ y_M(t+L+1) \\ \vdots \\ y_M(t+L+P-1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \tilde{h}_L & \tilde{h}_{L-1} & \cdots & \tilde{h}_{L-M+2} & \sum_{k=1}^{L-M+1} \tilde{h}_k \\ \tilde{h}_{L+1} & \tilde{h}_L & \cdots & \tilde{h}_{L-M+3} & \sum_{k=1}^{L-M+2} \tilde{h}_k \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{h}_{L+P-1} & \tilde{h}_{L+P-2} & \cdots & \tilde{h}_{L+P-M+1} & \sum_{k=1}^{L-M+P} \tilde{h}_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ u(t+1) \\ \vdots \\ u(t+M-1) \end{bmatrix} \\
 &\quad \parallel \quad \parallel \\
 &\quad H_P \quad u_N \\
 &+ \begin{bmatrix} \tilde{h}_{L+1} & \tilde{h}_{L+2} & \cdots & \tilde{h}_{s-1} & \tilde{h}_s \\ \tilde{h}_{L+2} & \tilde{h}_{L+3} & \cdots & \tilde{h}_s & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{h}_{L+P} & \tilde{h}_{L+P+1} & \cdots & \tilde{h}_s & 0 \cdots \cdots 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t-1) \\ u(t-2) \\ \vdots \\ u(t-s+L) \end{bmatrix} \\
 &\quad \parallel \quad \parallel \\
 &\quad H'_0 \quad u_0
 \end{aligned}$$

ただし、 $\tilde{h}_i = 0$, for $i \leq 0$ また $\sum_{k=a}^b$ は $b < a$ の時は 0 とする。

【0031】 また、現時刻 t の出力は、[式4] において $j=0$ とすることにより

【0032】 [式8]

$$y_M(t) = \sum_{i=1}^s \tilde{h}_i u(t-i)$$

【0033】 と表現することができる。

【0034】 [式8] をもとに $y_M(t+j) - y$

$M(t)$ (for $j=1, \dots, L+P$) について考えると、[式9] となる。

【0035】 [式9]

30 【0036】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} y_M(t+L) \\ y_M(t+L+1) \\ \vdots \\ y_M(t+L+P-1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} y_M(t) \\ y_M(t) \\ \vdots \\ y_M(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{h}_L & \tilde{h}_{L-1} & \cdots & \tilde{h}_{L-M+2} & \sum_{k=1}^{L-M+1} \tilde{h}_k \\ \tilde{h}_{L+1} & \tilde{h}_L & \cdots & \tilde{h}_{L-M+3} & \sum_{k=1}^{L-M+2} \tilde{h}_k \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{h}_{L+P-1} & \tilde{h}_{L+P-2} & \cdots & \tilde{h}_{L+P-M+1} & \sum_{k=1}^{L-M+P} \tilde{h}_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ u(t+1) \\ \vdots \\ u(t+M-1) \end{bmatrix} \\
 \parallel &\quad \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\
 Y_M(P \times 1) &\quad Y_{M0}(P \times 1) \quad H_P(P \times M) \quad u_N(M \times 1) \\
 &+ \begin{bmatrix} \tilde{h}_{L+1}-\tilde{h}_1 & \tilde{h}_{L+2}-\tilde{h}_2 & \cdots & 0-\tilde{h}_{s-1} & \tilde{h}_s \\ \tilde{h}_{L+2}-\tilde{h}_1 & \tilde{h}_{L+3}-\tilde{h}_2 & \cdots & 0-\tilde{h}_{s-1} & 0-\tilde{h}_s \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ \tilde{h}_{L+P}-\tilde{h}_1 & \tilde{h}_{L+P+1}-\tilde{h}_2 & \cdots & 0-\tilde{h}_{s-1} & 0-\tilde{h}_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t-1) \\ u(t-2) \\ \vdots \\ u(t-s) \end{bmatrix} \\
 &\quad \parallel \quad \parallel \\
 &\quad H_0(P \times s) \quad u_0(s \times 1)
 \end{aligned}$$

【0037】 [式9] をベクトル行列表現とすると、

50 【式10】

$$Y_r = Y_{r0} + H_r u_r + H_r u_r.$$

となる。

【0038】ここで、動的モデルが、システムに完全に一致していれば【式10】のモデルで計算した値に一致する。しかしながら、動的モデルがシステムを完全に表現することは実際にはあり得ないことであるために、モデルによって計算される出力の値を補正して、出力の予測値 $y_r(t+i)$ を【式11】のように与える。

【0039】【式11】

$$y_r(t+i) = y_r(t+i) + y(t) - y_r(t)$$

for $i=L, \dots, L+P-1$

【式11】をベクトル表現すると、【式12】

$$Y_r = Y_r + Y - Y_{r0}$$

と表現することができる。

【0040】時刻 $t+L$ から P ステップにわたる出力の予測値が区間 $[t+L, t+L+P-1]$ において目標値にできるだけ近づくように、現時刻 t 以降 M ステップの操作量（許容できる回線量）を求めるために、【式13】で表現するノルムを定義する。

【0041】【式13】

$$\|Y_r - Y_r\|^2$$

Y_r : 参照値（最大回線利用量）

【式12】の $Y_r - Y_{r0}$ の項に【式10】を代入することにより、予測値 Y_r は【式14】で表現することができる。

【0042】【式14】

$$Y_r = Y + H_r u_r + H_r u_r.$$

この Y_r を【式13】に代入し、2乗ノルムが最も小さくなるように u_r を決める。

【0043】つまり、操作量（許容できる回線利用量） u_r は、【式15】で決めることができる。

【0044】【式15】

$$u_r = (H_r^T H_r)^{-1} H_r^T (Y_r - Y - H_r u_r)$$

そして、【式15】より最適な許容回線量が割り出され

るために、【式15】で算出された回線量が利用できるように規制制御をかければ、有効な規制がかけられることがわかる。

【0045】本明細書にて論じている理論は、上記参考文献にて安定性が確立しているために、動的モデルの精度が高ければ、有効な規制制御が望める。

【0046】

【発明の効果】本発明は以上の如く構成され、作用するものであり、本発明によれば、以下に示す効果が得られる。

【0047】第1の効果は、動的モデルを用いることにより、移动通信システムのダイナミクスを考慮することができるといことである。これにより、閾値を越える、越えないを基準とする、従来のON/OFF規制制御よりも効率的な規制をかけることができるようになる。

【0048】その理由は、規制制御の操作量を決める上で、動的モデルを利用することにより、ダイナミクスを考慮に入れた操作量を投入できるからである。

【0049】第2の効果は、過去の出力から未来の予測値を算出することにより、未来のダイナミクスについても考慮することができることである。これにより、未来までの考慮に入れた規制制御をかけることができるようになる。

【0050】その理由は、過去の出力から未来の予測値を算出し、未来も含めて、操作量を決めているからである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するためのインパルス応答（1）を示す波形図である。

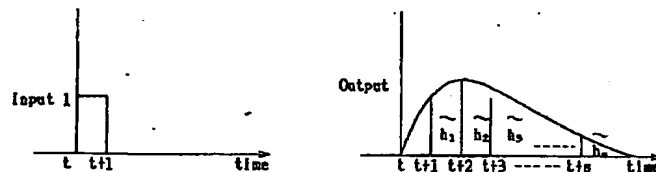
【図2】本発明を説明するためのインパルス応答（2）を示す波形図である。

【符号の説明】

～

hi …図1に示すパルス状入力をシステムに加えた時の応答系列

【図1】



【図 2】

